

1. 解析の状況

前回報告(2016年1月)後も引き続き Belle 実験で収集した全データを使って Belle 実験としての最終結果や新しいプロセス・崩壊モードの解析、新しい解析手法の開発が進められている。2016年の国際会議 (Moriond, HQL, ICHEP など) や学術雑誌に新しい結果を発表した。その中のいくつかについて報告する。

$B \rightarrow D^* \tau \nu$ 崩壊は荷電ヒッグス粒子の探索に感度が高い崩壊であり、前回報告でも Belle 実験での全データを用いた結果を報告した。この時の結果は B 中間子事象をタグするためにハドロニック事象を再構成し、 τ のレプトンへの崩壊を使用したものだったが、新たにセミレプトニック ($B \rightarrow D^* \ell \nu$) 事象を用いてタグする方法と、ハドロニックタグで τ レプトンのハドロニック崩壊 ($\tau \rightarrow h \nu$) を用いる方法を開発した。Belle 実験の結果は世界平均よりは標準理論寄りだが、崩壊分岐比が Belle 実験の結果だけで 2σ 以上、新しい世界平均で 4σ 以上標準理論の期待値より大きな値となっている (図 1)。また、 τ のハドロニック崩壊を用いて τ の偏極度測定に初めて成功した。現状では誤差が大きいですが、荷電ヒッグスと通常の弱い相互作用では偏極が異なるので将来有望な測定である。

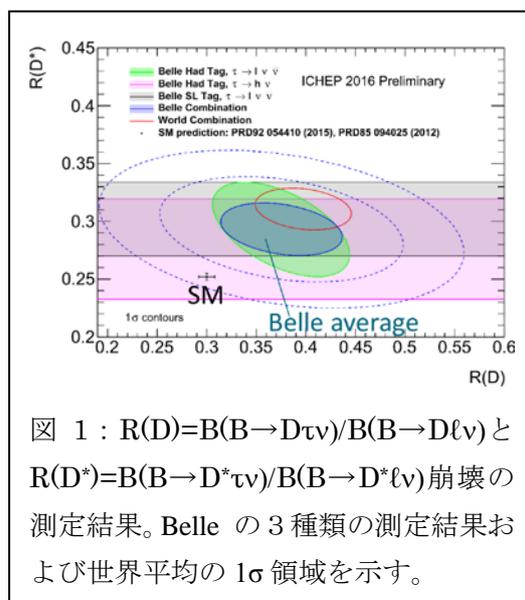


図 1 : $R(D)=B(B \rightarrow D\tau\nu)/B(B \rightarrow D\ell\nu)$ と $R(D^*)=B(B \rightarrow D^*\tau\nu)/B(B \rightarrow D^*\ell\nu)$ 崩壊の測定結果。Belle の 3 種類の測定結果および世界平均の 1σ 領域を示す。

$B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ 崩壊はさまざまな角分布に新物理に感度のある物理量が含まれており、LHCb による P_5' と呼ばれるパラメータの測定に標準理論で説明できないアノマリーがあることが話題となっていた。Belle 実験で同じ測定を行うことは統計的に不利であるが、LHCb と同様のアノマリーが確認された (図 2)。

$B \rightarrow Dh^0$ ($h^0 = \pi^0, \eta, \eta', \omega$), $D \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$ の時間依存ダリツ解析により $\sin 2\phi_1$ ではなく ϕ_1 を直接測定でき、 $B \rightarrow J/\psi K_S$ などから精密に決められている ϕ_1 の二つ目の解を棄却できる。これまでは 98% の信頼度でしか棄却できていなかったが、全データを用いた新しい解析により 5σ で棄却することができた。またこの崩壊モードは前回報告にある $B \rightarrow D_{CP} h^0$

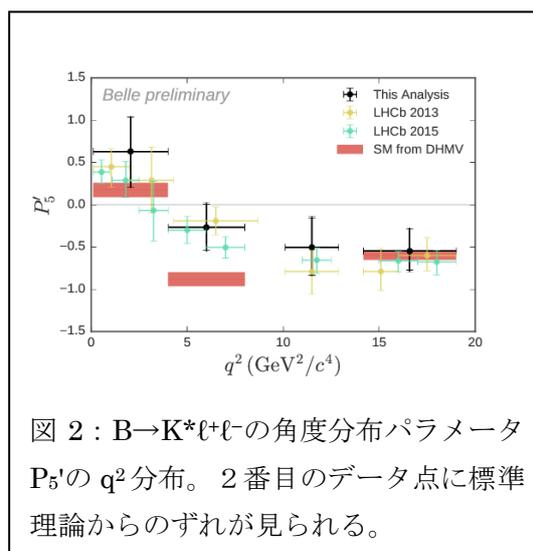


図 2 : $B \rightarrow K^* \ell^+ \ell^-$ の角度分布パラメータ P_5' の q^2 分布。2 番目のデータ点に標準理論からのずれが見られる。

崩壊と同様に ϕ_1 の測定におけるベンギン過程による不定性がなく、将来の Belle II での ϕ_1 の測定に寄与できるものである。

2. Belle II の活動状況

前回報告以降も各検出器の製作及び宇宙線試験を進めている。バレル粒子識別検出器 (TOP) は、全モジュール (16 台) の Belle II 構造体への組み込みが完了した。すでに組み込まれている K_L ・ミューオン検出器 (KLM) では、新たに製作した電子回路の一部を使って、宇宙線をとらえることができた。エンドキャップ部粒子識別検出器 (ARICH) でも製作中の一部分だけではあるが宇宙線の信号を確認した。前回の報告から 2 回の全体会議、BPAC やソフトウェアとコンピューターを焦点にした PAC などを行ってきたが、検出器の細部から組み込み、宇宙線試験、ソフトウェアなどへ議論の焦点が移ってきている。今回の報告では、シリコン崩壊点検出器 (SVD : Silicon Vertex Detector) の建設状況を取り上げる。

SVD は 2 種類ある崩壊点検出器の 1 つで、外側 4 層 (全体で 6 層で、内側 2 層はピクセル検出器) に対応するシリコン半導体検出器である (図 3)。Belle 検出器の時と同様に両面に X-Y ストリップを配置した検出器であるが、高計数率に耐えられるようにすることと大きな径のところまでカバーするために新規に製作を行っているものである。高計数率を達成するために、CMS 実験用に開発された APV25 という増幅器とアナログメモリの機能をもった特殊用途集積回路 (ASIC) を採用した。これを使うためには配線長を短くして検出器容量を小さくする必要がある。

APV25 を実装したフレキシブル基板をセンサーに貼り付ける方式を取っている (図 4)。裏面の信号を、折り曲げたフレキシブル基板(ピッチアダプター、PA)を使って表へ導く仕組みから、オリガミモジュールと呼んでいる。大きな径まで

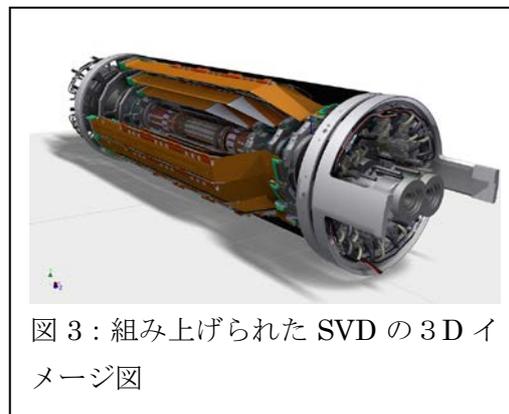


図 3 : 組み上げられた SVD の 3D イメージ図

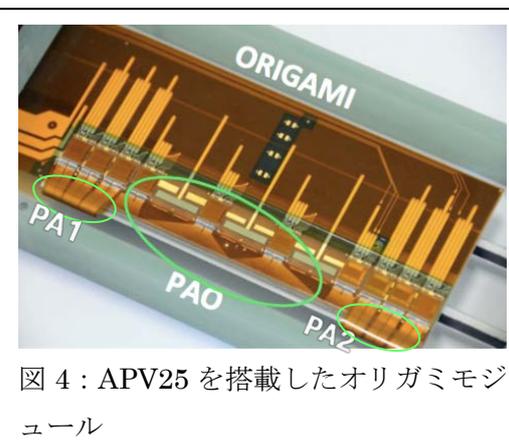


図 4 : APV25 を搭載したオリガミモジュール



図 5 : 完成した第 5 層のラダーの写真

カバーするために、センサーを平面状につなげるだけでなく、角度をもってつなげるランタン形状 (図 3 参照) も取り入れるなど Belle では行っていない新しい試みにも挑戦している。これらにともなって、多くの困難を克服する必要があり、予定よりも製作に時間を要しているが、今、世界各地 (第 3 層 : オーストラリア、第 4 層 : インド(作業はカブリ数物連携宇宙機構)、第 5 層 : オーストリア、第 6 層 : 日本,カブリ数物連携宇宙研究機構、第 4、5、6 層の最前方・最後方モジュール : イタリア) でラダー製作 (図 5) が始まっている (約 5%完了)。完成したラダーは KEK に集められて、1 つの検出器として組み上げることになっている。そのために、KEK では正確に組み上げる方法の検討、治具の設計・製作、さらには CO₂ 冷却の準備等受け入れ態勢が着々と整備されてる。最終的には、ビームバックランドの様子がよく理解できているであろう 2018 年度に、内側のピクセル検出器と合わせて、Belle II 構造体に組み込む予定である。